

Rec'd PCT/PTO 20 JUN 2005

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
8 juillet 2004 (08.07.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/057675 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :

H01L 27/146

Pierre [FR/FR]; 9, avenue du Grésivaudan, F-38130
Echirolles (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2003/050186

(74) Mandataire : LEHU, Jean; c/o Brevatome, 3, rue du Doc-
teur Lancereaux, F-75008 PARIS (FR).

(22) Date de dépôt international :

17 décembre 2003 (17.12.2003)

(81) État désigné (*national*) : US.

(25) Langue de dépôt :

français

(84) États désignés (*régional*) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

02/16178 19 décembre 2002 (19.12.2002) FR

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont re-
çues

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR).

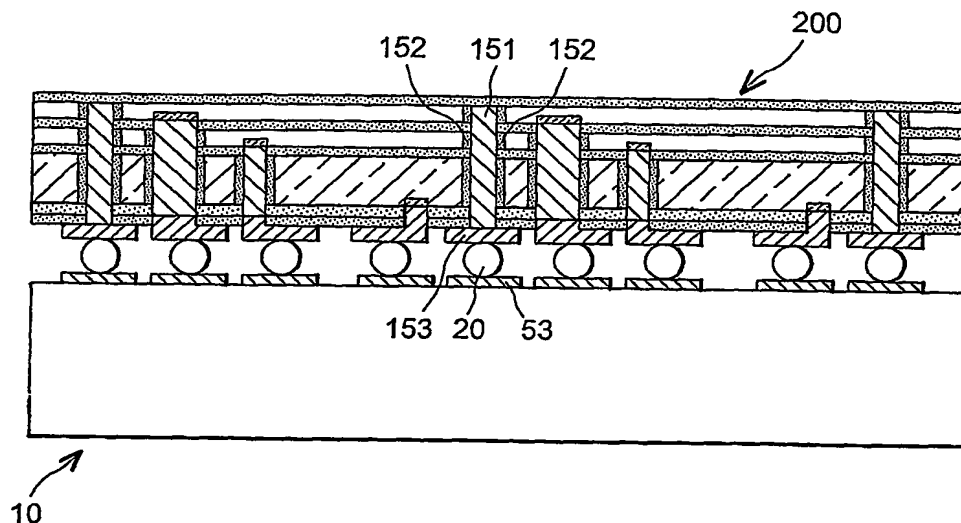
En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (*pour US seulement*) : GIDON,

(54) Title: MULTISPECTRAL DETECTOR MATRIX

(54) Titre : MATRICE DE DETECTEURS MULTISPECTRAUX



(57) Abstract: The invention concerns a multispectral detector matrix structure (200) comprising: a stack of several layers of semi-conductor material separated by layers of dielectric material transparent for a light to be detected, the stack having a surface for light to be detected, the stack of semiconductor material layers being distributed in image or pixel elements, each semiconductor material portion corresponding to one pixel including a light detecting element delivering electric charges in response to the light received by said detecting element, means for collecting the electric charges delivered by each light detecting element, said collecting means being electrically connected to electrical connecting means (153) and comprising conductive walls (151).

[Suite sur la page suivante]



(57) Abrégé : L'invention concerne une structure de matrice de détecteurs multispectraux (200) comprenant : une superposition de plusieurs couches de matériau semiconducteur séparées par des couches de matériau diélectrique transparent pour une lumière à détecter, la superposition offrant une face de réception de la lumière à détecter, la superposition de couches de matériau semiconducteur étant répartie en éléments d'image ou pixels, chaque partie de couche de matériau semiconducteur correspondant à un pixel comprenant un élément de détection de la lumière délivrant des charges électriques en réponse à de la lumière reçue par cet élément de détection, des moyens de collecte des charges électriques délivrées par chaque élément de détection de la lumière, ces moyens de collecte étant reliés électriquement à des moyens de connexion électrique (153) et comprenant des parois conductrices (151).

MATRICE DE DETECTEURS MULTISPECTRAUX**DESCRIPTION****DOMAINE TECHNIQUE**

5

Cette invention a pour sujet une matrice de détecteurs multispectraux. Ce type de matrice a le plus souvent pour but de retranscrire des images. Elle peut aussi être utilisée pour exploiter des signaux lumineux
10 issus d'appareils de mesure.

La lumière peut être comprise dans son sens large, c'est-à-dire de l'infrarouge à l'ultraviolet. Les détecteurs délivrent des signaux électriques en rapport avec les intensités lumineuses reçues. Chaque
15 gamme spectacle se transforme en des signaux électriques différents. Suivant la structure de détecteurs, ces informations de couleur sont sorties en parallèle ou successivement. Certaines matrices délivrent, en plus, plusieurs signaux en parallèle pour
20 transmettre l'information plus rapidement.

Il existe de multiples structures pour ces matrices de photodétecteurs. Certaines structures ont une grille qui permet de stocker les charges pendant un instant avant de les envoyer sur des amplificateurs du
25 circuit de lecture. La liaison électrique entre la matrice de détecteurs et le circuit de lecture peut se faire par hybridation de la matrice sur le circuit de lecture.

30

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

On connaît de multiples structures de matrices de détecteurs multispectraux. Pour obtenir la
5 détection de plusieurs bandes spectrales, plusieurs solutions sont classiquement utilisées.

La plus connue de ces solutions consiste à utiliser des filtres de couleurs. Typiquement, trois filtres sont utilisés : un filtre rouge, un filtre vert
10 et un filtre bleu pour essayer de capter les informations de couleurs de la lumière visible. Chaque élément d'image (ou pixel) n'a qu'un filtre devant lui. Les filtres changent périodiquement de pixel en pixel mais ceci a pour conséquence que la résolution pour
15 chaque couleur est trois fois plus faible que la résolution de la matrice sans ses trois filtres. De plus, environ les deux tiers de l'intensité lumineuse sont perdus par absorption dans les filtres.

Une autre solution classique est d'utiliser
20 trois matrices autour d'un prisme optique séparant les gammes spectrales. Cette solution écarte les limitations de la solution précédente, mais les avantages de compacité d'une matrice de détecteurs sont perdus. En effet, le prisme optique chargé de séparer
25 les longueurs d'onde possède une épaisseur importante. Ce prisme est d'autant plus épais et lourd que les matrices de photodétecteurs sont grandes.

D'autres solutions, moins utilisées, font appel à d'autres composants optiques tels que des
30 réseaux, mais au moins l'un des inconvénients signalés dans les solutions précédentes s'y retrouve. Dans tous

les cas, il s'agit de dispositifs optiques ajoutés au-dessus d'une ou de plusieurs matrices de détecteurs.

Une solution récente, divulguée par le document WO-A-00/62 350 consiste à créer une matrice
5 contenant un empilement de zones dopées et de polarités alternées, formant ainsi des diodes connectées en série. Du fait de leur localisation à des profondeurs différentes, chaque diode d'un empilement détecte une couleur différente. Ces zones fortement dopées ont
10 l'inconvénient de recombiner rapidement les paires électrons-trous photo-générées.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

15 Pour remédier aux inconvénients de l'art antérieur, il est ici proposé de complexifier la structure des matrices. La solution correspond principalement à l'introduction de couches diélectriques dans la structure interne de la matrice.
20 Cette complexification tire avantage des propriétés de l'absorption optique des matériaux. Les différentes longueurs d'onde d'une lumière sont absorbées dès la surface du matériau, mais le coefficient d'absorption est variable avec la longueur d'onde. Certaines
25 longueurs d'onde sont presque complètement absorbées dans une très faible épaisseur alors que d'autres continuent à se propager dans la profondeur du matériau.

L'absorption s'accompagne de la création de
30 charges électriques. Les techniques actuelles permettent de placer des couches diélectriques dans le

matériau. On peut ainsi séparer les unes des autres les charges électriques créées à des profondeurs différentes. Si les couches diélectriques sont transparentes, chaque profondeur de la structure absorbante correspond alors à des proportions différentes de chacune des longueurs d'onde.

Les coefficients d'absorption des matériaux sont connus et constants. Si la structure absorbante comporte autant de paires de couches diélectriques/absorbantes que de gammes de longueur d'onde dont il faut mesurer les intensités et si l'épaisseur des couches absorbantes est choisie de manière appropriée, alors il est possible d'obtenir suffisamment d'informations pour remonter par calcul aux intensités de chaque gamme spectrale.

Le calcul peut se faire électriquement par plusieurs méthodes classiques. Il peut se faire en complexifiant le circuit d'amplification analogique et en créant les contre-réactions adaptée entre les différents amplificateurs opérationnels. Il peut également se faire en associant la matrice de détecteurs et son circuit amplificateur à un (ou plusieurs) convertisseur analogique/numérique et à un (ou plusieurs) processeur de calcul classique.

L'invention a donc pour objet une structure de matrice de détecteurs multispectraux comprenant :

- une superposition de plusieurs couches de matériau semiconducteur séparées par des couches de matériau diélectrique transparent pour une lumière à détecter, ladite superposition offrant une face de réception de la lumière à détecter, ladite

superposition de couches de matériau semiconducteur étant répartie en éléments d'image ou pixels, chaque partie de couche de matériau semiconducteur correspondant à un pixel comprenant un élément de
5 détection de la lumière délivrant des charges électriques en réponse à de la lumière reçue par cet élément de détection,

- des moyens de collecte des charges électriques délivrées par chaque élément de détection
10 de la lumière, ces moyens de collecte étant reliés électriquement à des moyens de connexion électrique et comprenant des parois conductrices remplissant des tranchées réalisées dans la superposition des couches de matériau semiconducteur pour assurer un contact
15 électrique avec toutes les couches de matériau semiconducteur et pour former une électrode commune à tous les éléments de détection.

La structure peut avoir la forme d'une plaque présentant deux faces principales opposées : une
20 première face qui est la face de réception de la lumière à détecter et une deuxième face électriquement isolée et supportant les moyens de connexion électrique. La deuxième face peut alors constituer une face d'hybridation avec un dispositif d'exploitation
25 des charges électriques collectées.

Les moyens de collecte peuvent comprendre des traversées conductrices. Ces traversées conductrices peuvent être logées dans des puits, chaque puits ayant une profondeur permettant d'atteindre un
30 élément de détection correspondant en traversant, sans

contact électrique, au moins l'une desdites couches de matériau semiconducteur.

Chaque élément de détection peut comprendre au moins une jonction semiconductrice résultant, par exemple, de la présence d'une zone dopée dans ladite
5 partie de couche de matériau semiconducteur.

Les tranchées peuvent être réalisées selon un réseau de mailles tel qu'une maille contient plusieurs éléments de détection. Elles peuvent aussi
10 être réalisées selon un réseau de mailles tel qu'une maille contient un seul élément de détection. Les parois conductrices peuvent être en contact électrique avec les couches de matériau semiconducteur par des zones dopées de ces couches de matériau semiconducteur.
15 Elles peuvent aussi être localement électriquement isolées des éléments de détection et de l'électrode commune pour constituer des condensateurs de stockage de charges électriques. Des moyens réfléchissant la lumière peuvent être disposés au-dessus des parois
20 conductrices afin de réfléchir la lumière à détecter, se dirigeant vers les parois conductrices, vers les éléments adjacents aux parois conductrices.

La superposition de couches de matériau semiconducteur peut comprendre des couches de matériau
25 semiconducteur de même nature ou de nature différente.

Selon un mode particulier de réalisation, la superposition comprenant n couches de matériau semiconducteur, l'épaisseur de chaque couche est déterminée en fonction de n gammes de longueurs d'onde
30 définies du spectre lumineux pour que la couche de matériau semiconducteur située le plus près de la face

de réception de la lumière absorbe la quasi-totalité d'une première gamme de longueur d'onde définie, les deux couches de matériau semiconducteur situées le plus près de la face de réception de la lumière absorbent la

5 quasi-totalité d'une deuxième gamme de longueur d'onde définie, et ainsi de suite jusqu'à n, les intensités mesurées par chaque élément de détection d'un même pixel permettant de restituer, en fonction des coefficients d'absorption de chaque couche de matériau

10 semiconducteur, les intensités de chacune des n longueurs d'onde reçues par le pixel. Trois couches de matériau semiconducteur permettent d'obtenir une structure bien adaptée à la détection de la lumière pour l'imagerie dans la gamme du visible, mais pour

15 d'autres applications, le nombre de couches peut être plus important.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

20 L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, accompagnée des dessins annexés par lesquels :

25 - la figure 1 est une vue en coupe transversale d'une première variante de réalisation d'une matrice de détecteurs multispectraux selon l'invention, hybridée à un circuit de lecture,

30 - la figure 2 est une vue de dessus d'une matrice de détecteurs multispectraux du type de la première variante selon l'invention,

- la figure 3 est une vue en coupe transversale d'une deuxième variante de réalisation d'une matrice de détecteurs multispectraux selon l'invention, hybridée à un circuit de lecture,

5 - la figure 4 est une vue de dessus d'une matrice de détecteurs multispectraux du type de la deuxième variante selon l'invention,

 - la figure 5 est une vue de dessus d'une troisième variante de réalisation d'une matrice de
10 détecteurs multispectraux selon l'invention,

 - la figure 6 est un graphe représentant des courbes d'absorption de la lumière dans un matériau semiconducteur pour trois longueurs d'onde différentes,

 - les figures 7A à 7R illustrent un procédé
15 de réalisation de la deuxième variante de matrice de détecteurs multispectraux selon l'invention.

20 DESCRIPTION DETAILLÉE DE MODES DE RÉALISATION DE L'INVENTION

 La figure 1 est une vue en coupe transversale d'une première variante de réalisation d'une matrice de détecteurs multispectraux 100 selon
25 l'invention, hybridée à un circuit de lecture 10.

 Dans cette variante de réalisation, la matrice de détecteurs multispectraux 100 comprend, en superposition, trois couches de matériau semiconducteur par exemple trois couches de silicium 101, 102 et 103
30 disposées dans cet ordre par rapport à la provenance de la lumière à détecter. Une couche de SiO₂ 104 sépare

les couches semiconductrices 101 et 102. Une couche de SiO₂ 105 sépare les couches semiconductrices 102 et 103. Une couche de passivation 106 en SiO₂ constitue la face de réception de la lumière à détecter.

5 La matrice de détecteurs 100 se présente sous la forme d'une plaque. La face de la plaque opposée à la face de réception de la lumière à détecter, encore appelée face arrière, est pourvue d'une première couche diélectrique 111 et d'une
10 deuxième couche diélectrique 112.

La figure 1 ne montre que deux pixels, mais leur nombre peut être de plusieurs milliers dans chaque direction du plan. Chaque pixel comprend trois plots conducteurs 121, 122 et 123 connectés respectivement à
15 des parties des couches semiconductrices 101, 102 et 103 et disposés sur la face arrière de la structure. Chaque plot conducteur 121 est connecté électriquement à sa partie de couche semiconductrice 101 par une traversée conductrice 131 contenue dans un puit pourvu
20 d'une paroi 141 électriquement isolante pour les couches semiconductrices 102 et 103. Chaque plot conducteur 122 est connecté électriquement à sa partie de couche semiconductrice 102 par une traversée conductrice 132 contenue dans un puits pourvu d'une
25 paroi 142 électriquement isolante pour la couche semiconductrice 103. Chaque plot conducteur 123 est connecté électriquement et directement à sa partie de couche semiconductrice 103.

Les pixels représentés sur la figure 1 sont
30 entourés de parois conductrices 151, par exemple en polysilicium, contenues dans des tranchées réalisées

dans la superposition des couches semiconductrices 101, 102 et 103. Ces parois conductrices sont en contact électrique avec les couches semiconductrices 101, 102 et 103. Les faces 152 des tranchées peuvent être dopées
5 afin de parfaire le contact électrique avec les couches de matériau semiconducteur 101, 102 et 103. Les parois conductrices 151 constituent l'électrode commune de toutes les photodiodes de la matrice de détecteurs. Elles sont connectées électriquement à des plots
10 conducteurs 153 situés sur la face arrière de la structure.

Chaque pixel de la structure représentée comporte trois parties des couches de matériau semiconducteur 101, 102 et 103 et donc trois diodes à
15 jonction. Les diodes sont formées en dopant, par un dopant adapté, des zones du matériau semiconducteur. Ainsi, les plots 123 sont connectés à des zones dopées 163 de la couche semiconductrice 103. Les plots 122 sont connectés, par l'intermédiaire des traversées 132,
20 à des zones dopées 162 de la couche semiconductrice 102. Les plots 121 sont connectés, par l'intermédiaire des traversées 131, à des zones dopées 161 de la couche semiconductrice 101.

Les couches de matériau diélectrique 104 et
25 105 ont une épaisseur très inférieure aux longueurs d'onde de la lumière à détecter afin de minimiser les réflexions optiques. Elles ont une épaisseur suffisante pour résister aux tensions mises jeu pour évacuer les charges, c'est-à-dire environ 20 μm .

30 Le circuit de lecture 10 supporte, sur une face mise en regard de la face arrière de la matrice de

détecteurs 100, des plots de contact 21, 22, 23 et 53 qui constituent des entrées pour le circuit de lecture. Les plots 21, 22, 23 et 53 sont disposés en regard respectivement des plots 121, 122, 123 et 153. Les
5 plots correspondants sont reliés entre eux par des billes conductrices 20.

La figure 2 est une vue de dessus d'une matrice de détecteurs multispectraux du type de la première variante de l'invention. Elle est destinée à
10 montrer de manière privilégiée certains éléments de la structure. Les éléments montrés portent les mêmes références que sur la figure 1 même si leur disposition n'est pas la même. En particulier, les photodiodes d'un même pixel sont disposées en triangle et les parois
15 conductrices 151 forment un carré contenant quatre pixels.

Dans les structures illustrées par les figures 1 et 2, il n'y a pas de limite physique entre les pixels contenus dans la maille définie par les
20 parois conductrices 151. La collecte des photoélectrons se fait le plus probablement par la jonction la plus proche dans chaque couche de matériau semiconducteur. Par contre, chaque couche de matériau semiconducteur est isolée des autres et ne reçoit que les photons qui
25 parviennent jusqu'à elle.

La figure 3 est une vue en coupe transversale d'une deuxième variante de réalisation d'une matrice de détecteurs multispectraux 200 selon l'invention, hybridée à un circuit de lecture 10.

30 La seule différence entre cette matrice de détecteurs et celle de la figure 1 est que tous les

pixels sont isolés physiquement les uns des autres. Les deux pixels visibles sur cette figure sont séparés par une paroi conductrice 151 analogue aux parois conductrices 151 de la figure 1. La paroi conductrice 151 est contenue dans une tranchée réalisée dans la superposition des couches semiconductrices. Les faces 152 des tranchées peuvent être dopées. Comme pour la matrice de la figure 1, la paroi conductrice 151 est connectée électriquement à un plot conducteur 153 situé sur la face arrière de la structure.

Le circuit de lecture 10 peut comporter un plot de contact 53 supplémentaire pour obtenir une liaison électrique supplémentaire, par l'intermédiaire de la bille conductrice 20, avec le plot conducteur 153. S'il n'est pas nécessaire dans tous les cas, le plot de contact supplémentaire est avantageux dans le cas où l'électrode est complexe. Il peut en effet être intéressant de reporter les interconnexions sur le circuit de lecture 10.

La figure 4 est une vue de dessus d'une matrice de détecteurs multispectraux du type de la deuxième variante de l'invention. Elle est destinée à montrer de manière privilégiée certains éléments de la structure. Les éléments montrés ne sont pas disposés de la même façon que sur la figure 3. En particulier, les photodiodes d'un même pixel sont disposées en triangle.

La deuxième variante de réalisation est préférée en présence de sources éblouissantes. La qualité des images qu'elle permet d'obtenir est meilleure que celles fournies par la première variante de l'invention. S'il n'y a pas de séparation physique

entre pixels, les photoélectrons générés par exemple par le rouge dans les différentes couches semiconductrices peuvent diffuser en dehors de leur zone. Il en va de même pour les photoélectrons issus du vert. A la limite des deux zones rouge et verte côté à côté apparaît alors une zone jaune (mélange de rouge et de vert selon le principe de la trichromie) trompeuse. De plus, la diffusion des photoélectrons issus du rouge et du vert étant différente, car générés dans des couches différentes, la zone jaune n'est pas centrée sur la limite des zones verte et rouge mais est déportée. Une structure à pixels physiquement complètement séparés ne présente pas ces problèmes de diffusion latérale.

Un inconvénient de la multiplication des parois conductrices est qu'une partie non négligeable de la surface éclairée n'est plus détectrice. Une solution pour remédier à cet inconvénient est de placer des pyramides (ou lames de couteau) à surface réfléchissante sur les parois conductrices pour réfléchir la lumière incidente vers la surface détectrice.

La figure 5 est une vue de dessus d'une troisième variante de réalisation d'une matrice de détecteurs multispectraux selon l'invention.

La matrice de détecteurs illustrée par cette figure est une structure à pixels isolés comme pour la figure précédente, mais complexifiée par rapport à la structure précédente afin de lui ajouter une capacité de stockage de charge dont le potentiel est pilotable.

Les parois conductrices 151 isolent complètement chaque pixel comme pour la variante de réalisation représentée à la figure 4. A la différence de la variante précédente, des parties de ces parois
5 sont électriquement isolées des couches de matériau semiconducteur ainsi que les autres parties conductrices. Ces parties sont désignées sous la référence 154. Il en résulte une autre configuration de l'électrode 153 commune aux photodiodes et la présence
10 de pistes conductrices 155 formant une deuxième électrode pour les condensateurs ainsi créés. L'électrode 153 et les parties 154 sont connectées à des électrodes différentes afin de charger et de décharger les condensateurs de stockage ainsi formés.

15 Toutes les couches de matériau semiconducteur de la structure sont concernées par cette nouvelle variante. Chaque pixel de chaque couche possède alors une capacité formant la photo-grille. Pratiquement, il est avantageux de placer un bord des
20 zones dopées au plus près de la capacité. La raison en est le transfert des charges au moment du changement de potentiel de la capacité, ce qui permet de faciliter le déversement des photo-charges accumulées vers les amplificateurs du circuit de lecture.

25 D'autres variantes de réalisation sont bien sûr possibles. Par exemple, les couches détectrices peuvent être en matériau semiconducteur de nature différente.

30 Dans le cas général de l'invention, il n'y a pas de contrainte précise pour déterminer l'épaisseur des couches. La figure 6 est un graphe représentant des

courbes d'absorption de la lumière dans un matériau semiconducteur pour trois longueurs d'onde différentes. L'axe des ordonnées représente l'intensité restante I en fonction de la profondeur p de pénétration dans un matériau semiconducteur. Le graphe représente donc l'absorption de la lumière dans un matériau semiconducteur, en l'occurrence du silicium. L'absorption a été tracée pour trois longueurs d'onde. La courbe 1 représente l'absorption d'une longueur d'onde de $0,45 \mu\text{m}$ (lumière bleue) et correspond à un coefficient d'absorption α égal à 2. La courbe 2 représente l'absorption d'une longueur d'onde de $0,53 \mu\text{m}$ (lumière verte) et correspond à un coefficient d'absorption α égal à 0,75. La courbe 3 représente l'absorption d'une longueur d'onde de $0,65 \mu\text{m}$ (lumière rouge) et correspond à un coefficient d'absorption α égal à 0,35.

Ce graphe montre qu'à $2 \mu\text{m}$ de profondeur, plus de 90 % de la lumière bleue a été absorbée et qu'après $5 \mu\text{m}$ de profondeur, plus de 90 % de la lumière verte l'est aussi. Cela semble proche d'un bon compromis pour la sensibilité aux couleurs du visible. Le compromis idéal doit maximiser la quantité de photons et obtenir une proportion très différente de photons dans chacune des couches de matériau semiconducteur.

L'intensité d'une onde lumineuse se propageant dans un matériau absorbant est donnée par l'expression :

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha x}$$

I_0 étant l'intensité de l'onde avant sa pénétration dans le matériau absorbant et x la distance (ou profondeur) parcourue par l'onde dans le matériau.

Si on fixe l'absorption minimale de toutes
5 les gammes spectrales (par exemple à 90 %), alors l'épaisseur des couches semiconductrices est fixée puisque les coefficients d'absorption sont constants.

A titre d'exemple, pour des couches semiconductrices en silicium, la couche 101 peut avoir
10 2 μm d'épaisseur, la couche 102 3 μm d'épaisseur et la couche 103 7 μm d'épaisseur.

Les intensités mesurées dans chaque couche (I_1 , I_2 , I_3) sont une combinaison des intensités de chaque gamme rouge (R), verte (V) et bleue (B) :

15
$$I_1 = a_1 \cdot R + b_1 \cdot V + c_1 \cdot B$$

$$I_2 = a_2 \cdot R + b_2 \cdot V + c_2 \cdot B$$

$$I_3 = a_3 \cdot R + b_3 \cdot V + c_3 \cdot B$$

Les coefficients (a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_2 ...) sont des constantes pour une structure donnée, fonction de
20 l'épaisseur des couches et de la nature du matériau semiconducteur. Les valeurs des intensités mesurées permettent de restituer les valeurs de R, V et B.

Les figures 7A à 7R illustrent un procédé de réalisation de la deuxième variante de matrice de
25 détecteurs selon l'invention.

Comme le montre la figure 7A, une superposition de couches de matériau semiconducteur séparées par des couches de matériau diélectrique transparent a été réalisée sur un substrat de silicium
30 110. La superposition a été par exemple réalisée par une technique classique d'obtention de substrats SOI.

Le substrat 110 supporte successivement une couche diélectrique 106, une couche semiconductrice 101, une couche diélectrique 104, une couche semiconductrice 102, une couche diélectrique 105, une
5 couche semiconductrice 103 et une couche diélectrique 111. Les couches 101, 102 et 103 sont par exemple en silicium. Leur épaisseur a été déterminée comme indiqué plus haut. Les couches 106, 104, 105 et 111 sont par exemple en oxyde de silicium.

10 Les figures 7B à 7H illustrent la formation de tranchées et de diodes dans les couches semiconductrices enterrées.

La couche 111 est gravée en procédant à une étape de photolithographie puis à la gravure de couche
15 d'oxyde de passivation 111. La résine restante est éliminée pour fournir la structure montrée par la figure 7B où les ouvertures 31 et 32 exposent la couche semiconductrice 103. Les ouvertures 31 sont plus larges que les ouvertures 32.

20 La couche semiconductrice 103 est alors gravée (voir la figure 7C) jusqu'à ce que la couche diélectrique 105 soit atteinte. La couche 105 est atteinte lorsque les tranchées gravées correspondant aux ouvertures les plus larges (les ouvertures 31 de la
25 figure 7B), c'est-à-dire les tranchées 231 sont réalisées. Les tranchées 232 correspondent aux ouvertures les moins larges, c'est-à-dire aux ouvertures 32.

La figure 7D représente la structure
30 obtenue lorsque la couche d'oxyde 105 exposée dans les tranchées 231 est gravée pour exposer la couche

semiconductrice 102. Le matériau semiconducteur n'est pas affecté par cette gravure.

La couche semiconductrice 102 est alors gravée à partir des tranchées 231 jusqu'à exposer la
5 couche diélectrique 104 au fond de ces tranchées. La gravure de la couche semiconductrice 103 se poursuit également à partir du fond des tranchées 232 pour atteindre quasi simultanément la couche diélectrique 105. Cette simultanéité résulte du choix des diamètres
10 des ouvertures 31 et 32 (voir la figure 7B). La structure obtenue est montrée à la figure 7 E.

Les parois 141 et 142 respectivement des tranchées 231 et 232 sont alors oxydée comme le montre la figure 7F.

15 Des dopants sont alors implantés. Ces dopants parviennent dans les zones 161 et 162 des couches semiconductrices respectivement 101 et 102. Les dopants traversent les couches diélectriques 104 et 105 qui sont des couches d'oxyde mince mais ne parviennent
20 pas dans la couche semiconductrice 103 car la couche diélectrique 111 est en oxyde épais. Une gravure sèche anisotrope permet ensuite d'éliminer l'oxyde mince recouvrant les zones dopées 161 et 162. C'est ce que montre la figure 7G.

25 Les tranchées sont ensuite remplies par un matériau électriquement conducteur tel que le polysilicium pour fournir les traversées 131 et 132 assurant un contact électrique avec les zones dopées respectivement 161 et 162. Le surplus de remplissage
30 est éliminé par polissage et on obtient la structure montrée à la figure 7H.

Les figures 7I à 7M illustrent la formation de tranchées pour obtenir l'électrode commune.

Une couche de passivation de surface 112 est déposée sur la couche 111 en recouvrant les traversées 131 et 132. C'est ce que montre la figure 7I.

Des ouvertures 51 sont réalisées dans les couches 112 et 111 jusqu'à exposer la couche semiconductrice 103. Cela peut être obtenu par des étapes de photolithographie et de gravure des couches 112 et 111 et par élimination de la résine restante. On obtient la structure montrée à la figure 7J.

Ensuite on grave successivement, au travers des ouvertures 51, les couches de semiconducteur 103, de diélectrique 105, de semiconducteur 102, de diélectrique 104 et de semiconducteur 101 jusqu'à atteindre la couche diélectrique 106. On obtient des tranchées 251 comme le montre la figure 7K.

Les faces 152 des tranchées 251 sont dopées par diffusion de dopants dans les couches semiconductrices 101, 102 et 103. On obtient la structure montrée à la figure 7L.

Les tranchées sont ensuite remplies par un matériau électriquement conducteur tel que le polysilicium pour fournir les parois assurant un contact électrique avec les faces dopées 152. Le surplus de remplissage est éliminé par polissage. On obtient la structure montrée à la figure 7M.

Les figures 7N à 7O illustrent la formation des zones dopées dans la couche semiconductrice 103.

La figure 7N montre qu'une couche de résine 60 a été déposée sur la couche 112 et qu'elle a été photolithographiée pour former, par gravure des couches diélectriques 111 et 112, des ouvertures 61, 62 et 63 exposant la couche semiconductrice 103 et le haut des traversées 131 et 132.

Ensuite des dopants sont implantés dans la couche semiconductrice 103, dans les zones exposées par les ouvertures 61, 62 et 63. La résine est ensuite éliminée. Les dopants sont activés. On obtient la structure montrée par la figure 7O. Les zones nouvellement dopées sont référencées 163. Les zones dopées dans le polysilicium n'ont pas de caractéristiques particulières.

La figure 7P représente la structure obtenue lorsque les plots conducteurs ont été déposés. Pour obtenir ce résultat, la couche diélectrique a été légèrement désoxydée et une couche métallique a été déposée. On procède à une photolithographie de la couche métallique. Les plots conducteurs sont gravés dans cette couche métallique et la résine restante est éliminée. On obtient des plots 153 en contact avec les parois 151, des plots 121 en contact avec les traversées 131, des plots 122 en contact avec les traversées 132 et des plots 123 en contact les zones dopées 163.

La figure 7Q montre des billes d'hybridation 20 qui ont été formées sur les plots conducteurs 153, 121, 122 et 123.

La figure 7R montre l'hybridation de la structure obtenue sur un circuit de lecture 10 aux

moyens des billes 20. Les billes 20 connectent électriquement et respectivement les plots 153, 121, 122 et 123 de la structure aux plots 53, 21, 22 et 23 du circuit de lecture 10. L'espace interbille est éventuellement rempli par un matériau non conducteur électrique.

Le substrat 110 est ensuite éliminé par amincissement jusqu'à la couche 106 qui sert de couche d'arrêt et de protection. On obtient alors le dispositif représenté à la figure 3.

La matrice de détecteurs selon l'invention permet de traiter le maximum de lumière incidente. Toute la face éclairée, avantageusement pourvue d'une couche antireflet, transmet la lumière qu'elle reçoit à l'intérieur de la structure. La séparation des gammes spectrales ne nécessite aucun composant optique extérieur, ni filtre, ni prisme. La matrice garde sa résolution quel que soit le nombre des gammes spectrales choisies. Le nombre des couches semiconductrices détermine le nombre de gammes spectrales, mais ne modifie pas l'épaisseur ni le poids de la matrice de photodétecteurs.

REVENDICATIONS

1 - Structure de matrice de détecteurs multispectraux (100, 200) comprenant :

- 5 - une superposition de plusieurs couches de matériau semiconducteur (101, 102, 103) séparées par des couches de matériau diélectrique transparent pour une lumière à détecter (104, 105), ladite superposition offrant une face de réception de la lumière à détecter,
- 10 ladite superposition de couches de matériau semiconducteur (101, 102, 103) étant répartie en éléments d'image ou pixels, chaque partie de couche de matériau semiconducteur correspondant à un pixel comprenant un élément de détection de la lumière
- 15 délivrant des charges électriques en réponse à de la lumière reçue par cet élément de détection,
- des moyens de collecte (131, 132, 151) des charges électriques délivrées par chaque élément de détection de la lumière, ces moyens de collecte étant
- 20 reliés électriquement à des moyens de connexion électrique (121, 122, 123, 153) et comprenant des parois conductrices (151) remplissant des tranchées réalisées dans la superposition des couches de matériau semiconducteur pour assurer un contact électrique avec
- 25 toutes les couches de matériau semiconducteur (101, 102, 103) et pour former une électrode commune à tous les éléments de détection.

2 - Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle a la forme d'une plaque présentant deux faces principales opposées : une

30

première face qui est la face de réception de la lumière à détecter et une deuxième face électriquement isolée et supportant les moyens de connexion électrique (121, 122, 123, 153).

5

3 - Structure selon la revendication 2, caractérisée en ce que ladite deuxième face constitue une face d'hybridation avec un dispositif d'exploitation des charges électriques collectées (10).

10

4 - Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens de collecte comprennent des traversées conductrices (131, 132).

15

5 - Structure selon la revendication 4, caractérisée en ce que les traversées conductrices (131, 132) sont logées dans des puits, chaque puits ayant une profondeur permettant d'atteindre un élément de détection correspondant en traversant, sans contact électrique, au moins l'une desdites couches de matériau semiconducteur.

20

6 - Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit élément de détection comprend au moins une jonction semiconductrice.

25

7 - Structure selon la revendication 6, caractérisée en ce que ladite jonction semiconductrice est constituée par la présence d'une zone dopée (161, 162, 163) dans ladite partie de couche de matériau semiconducteur.

30

8 - Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que les tranchées sont réalisées selon un réseau de mailles tel qu'une maille contient plusieurs éléments de détection.

5

9 - Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que les tranchées sont réalisées selon un réseau de mailles tel qu'une maille contient un seul élément de détection.

10

10 - Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que les parois conductrices (151) sont en contact électrique avec les couches de matériau semiconducteur (101, 102, 103) par des zones dopées (141, 142, 152) de ces couches de matériau semiconducteur.

15

11 - Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que les parois conductrices sont localement électriquement isolées (154) des éléments de détection et de l'électrode commune pour constituer des condensateurs de stockage de charges électriques.

20

12 - Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que des moyens réfléchissant la lumière sont disposés au-dessus des parois conductrices afin de réfléchir la lumière à détecter, se dirigeant vers les parois conductrices, vers les éléments adjacents aux parois conductrices.

25

30

13 - Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite superposition comprend des couches de matériau semiconducteur de nature différente.

5 14 - Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que, la superposition comprenant n couches de matériau semiconducteur (101, 102, 103), l'épaisseur de chaque couche est déterminée en fonction de n gammes de longueurs d'onde définies du spectre
10 lumineux pour que la couche de matériau semiconducteur (101) située le plus près de la face de réception de la lumière absorbe la quasi-totalité d'une première gamme de longueur d'onde définie, les deux couches de
15 matériau semiconducteur (101, 102) situées le plus près de la face de réception de la lumière absorbent la quasi-totalité d'une deuxième gamme de longueur d'onde , définie, et ainsi de suite jusqu'à n, les intensités mesurées par chaque élément de détection d'un même
20 pixel permettant de restituer, en fonction des coefficients d'absorption de chaque couche de matériau semiconducteur, les intensités de chacune des n longueurs d'onde reçues par le pixel.

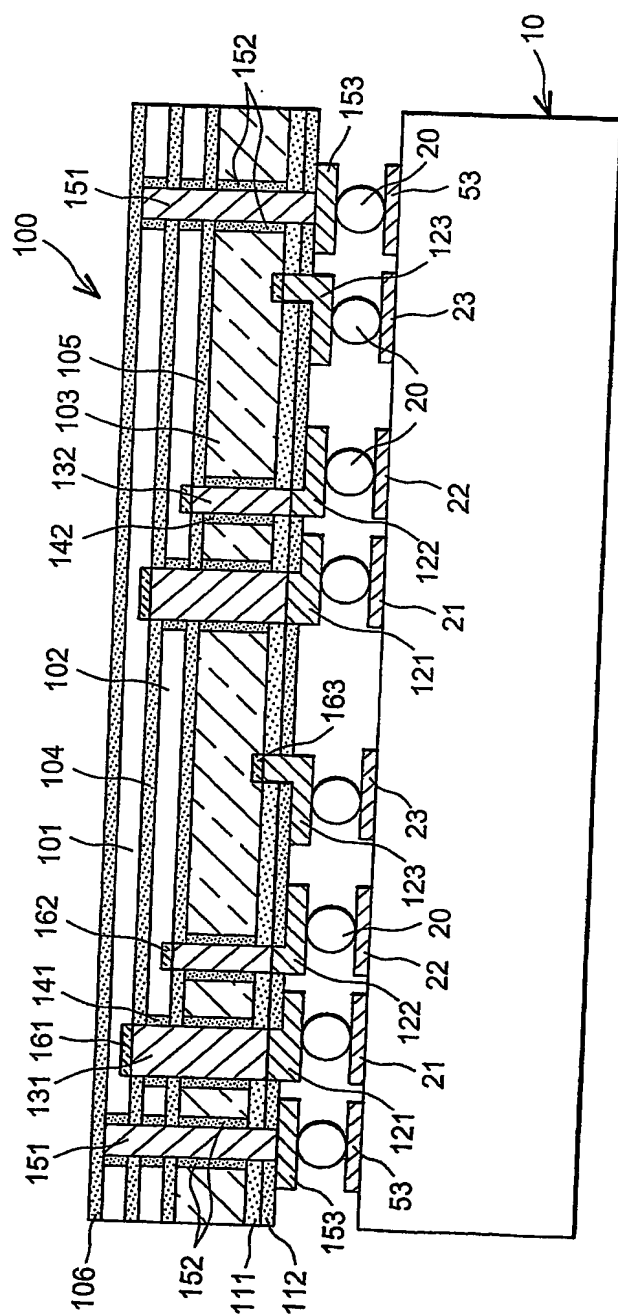


FIG. 1

2 / 10

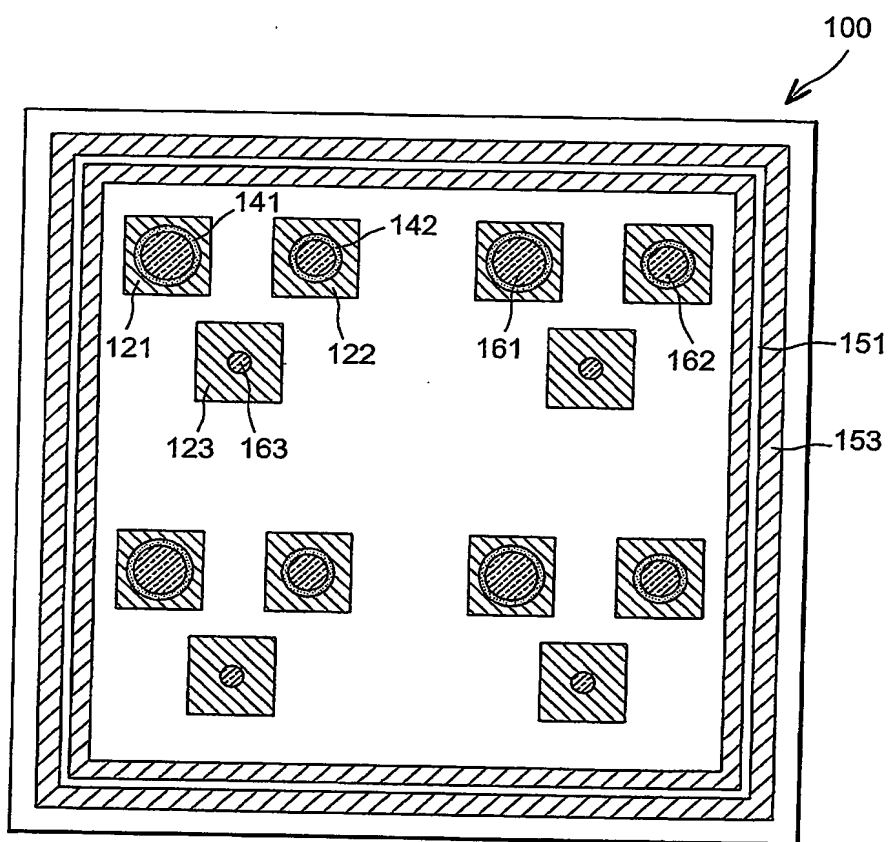
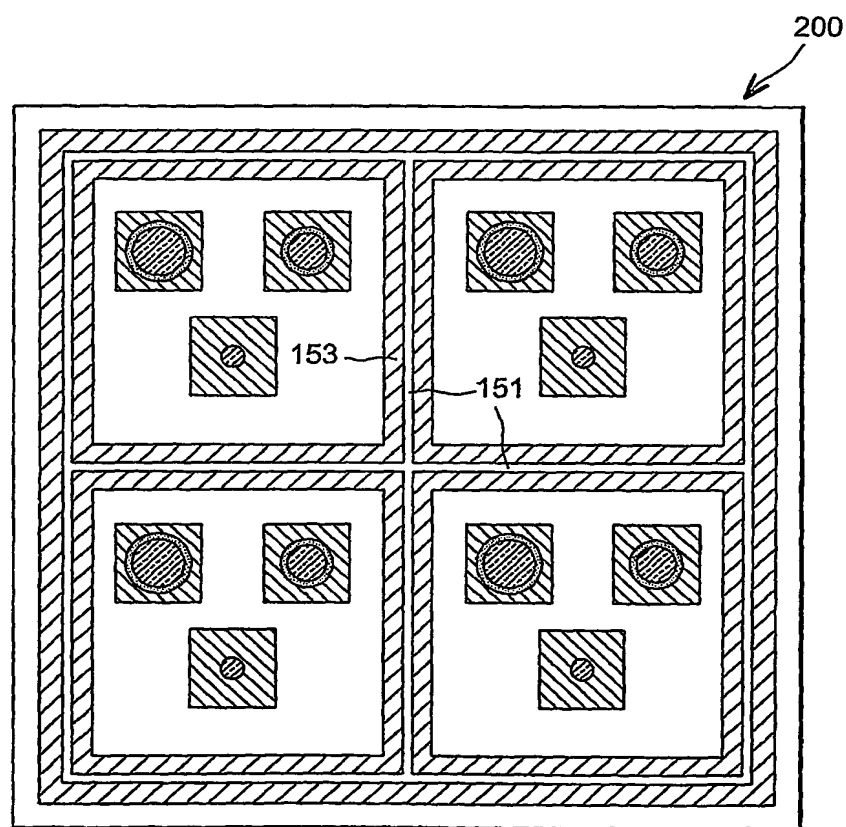
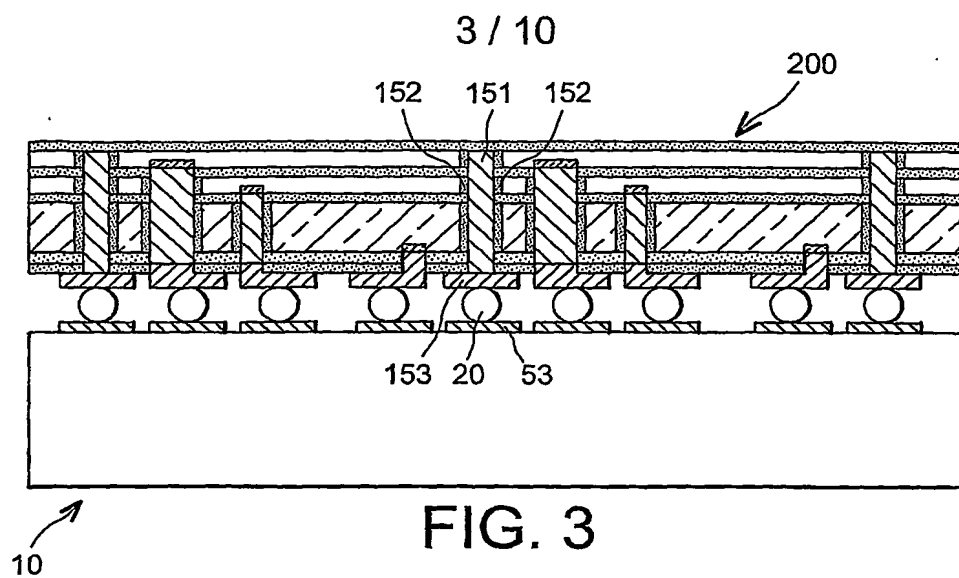


FIG. 2



4 / 10

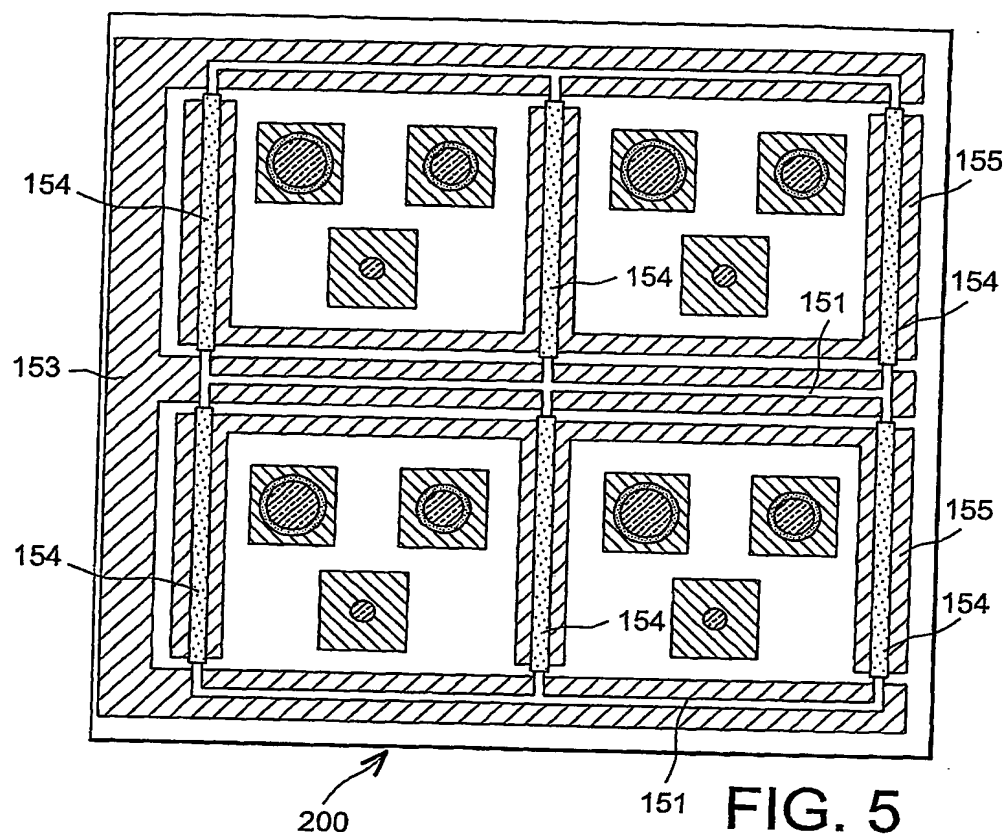


FIG. 5

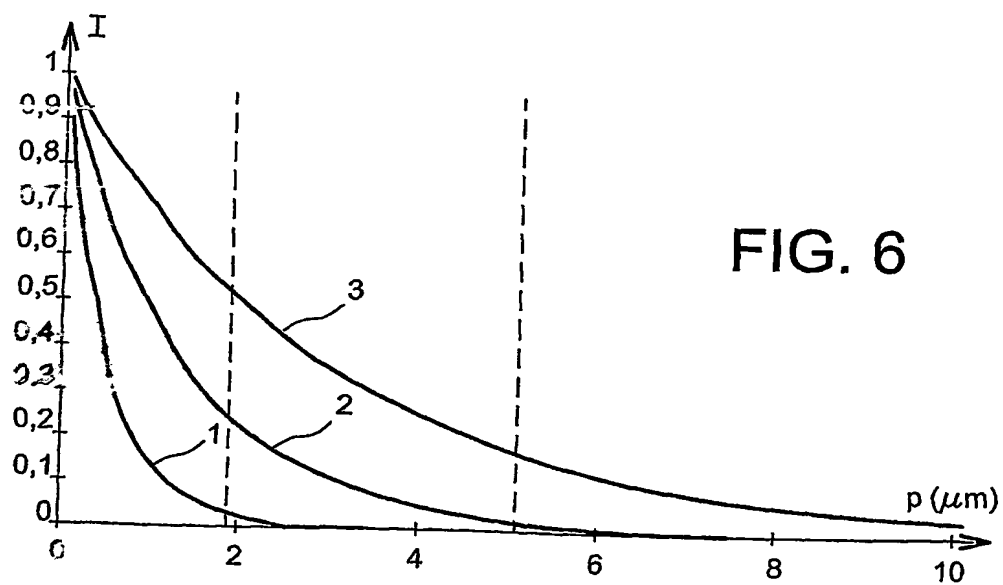


FIG. 6

5 / 10

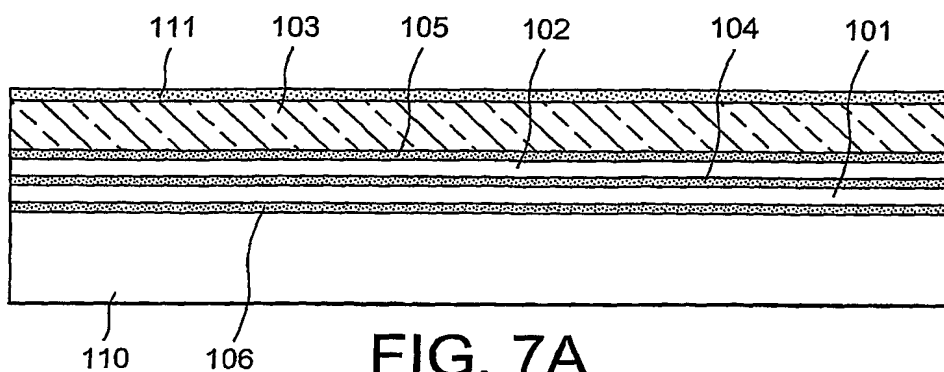


FIG. 7A

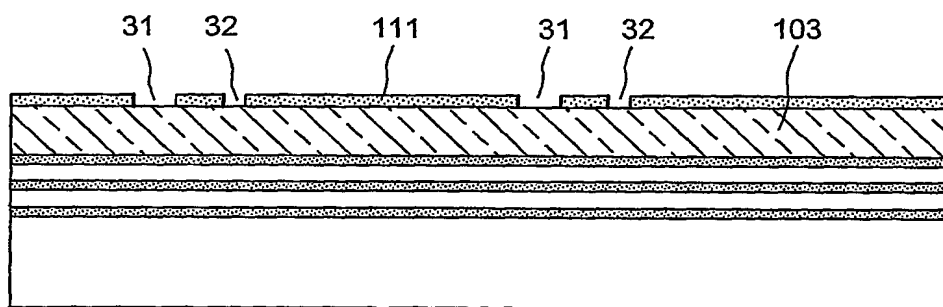


FIG. 7B

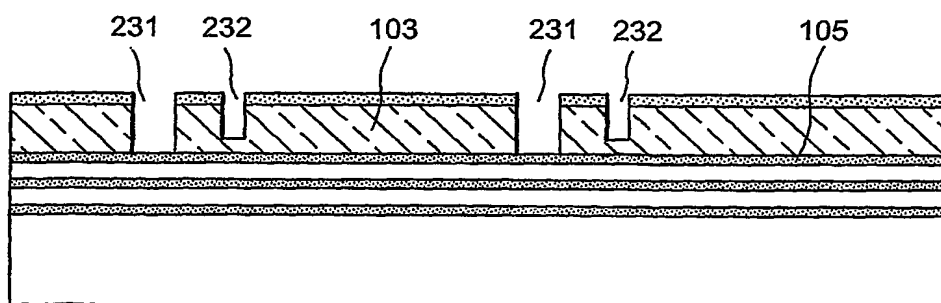


FIG. 7C

6 / 10

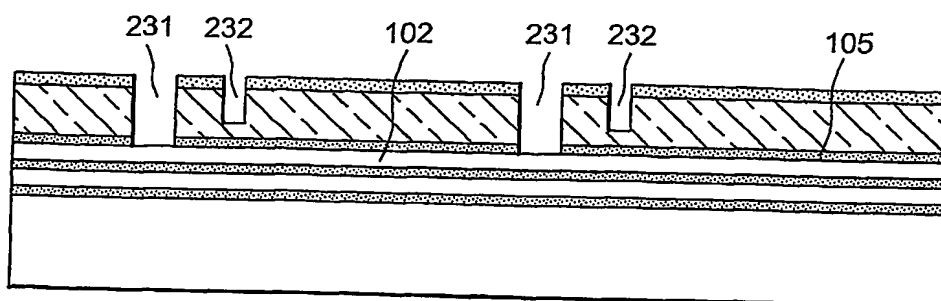


FIG. 7D

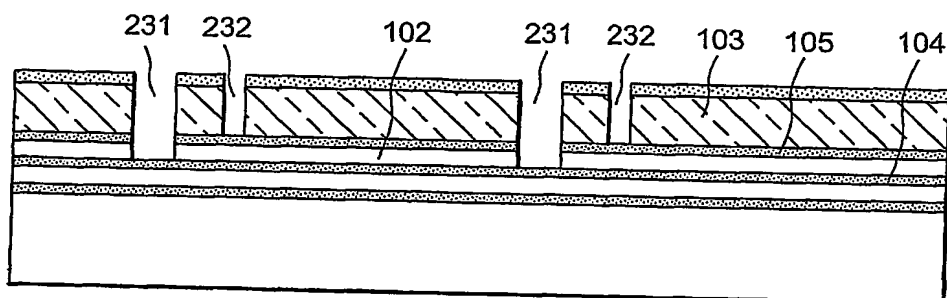


FIG. 7E

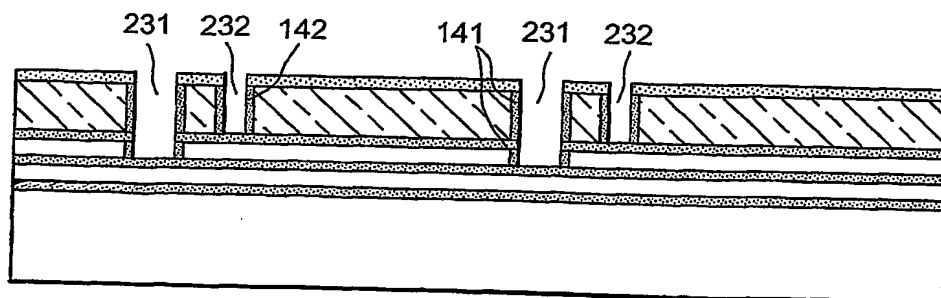


FIG. 7F

7 / 10

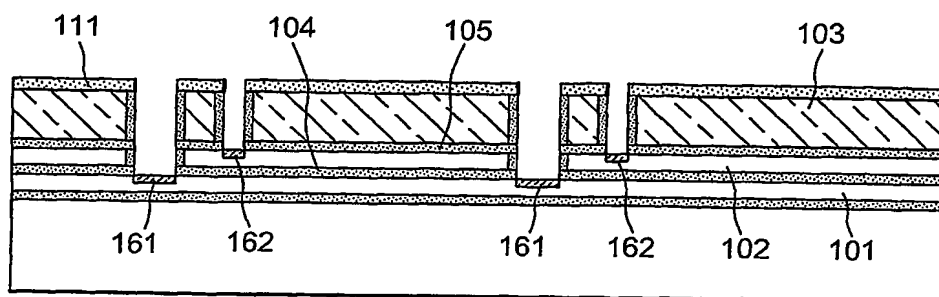


FIG. 7G

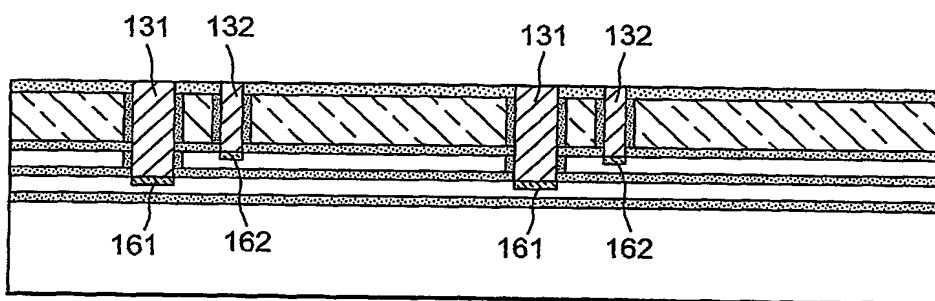


FIG. 7H

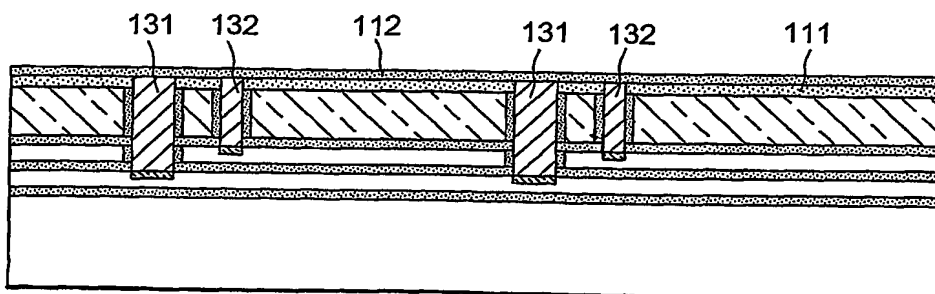


FIG. 7I

8 / 10

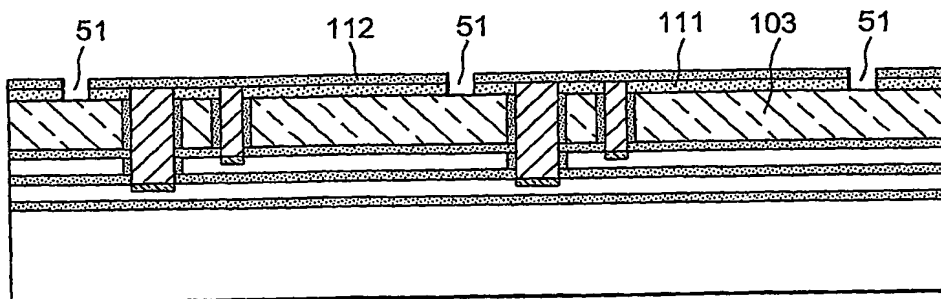


FIG. 7J

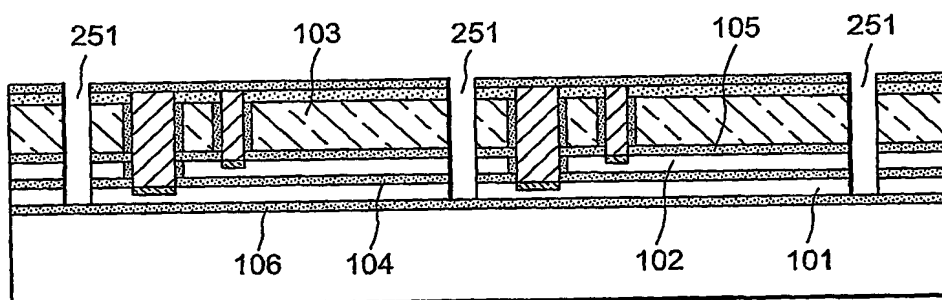


FIG. 7K

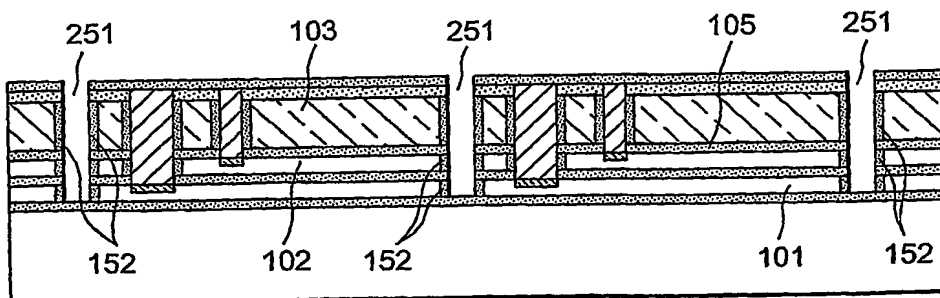


FIG. 7L

9 / 10

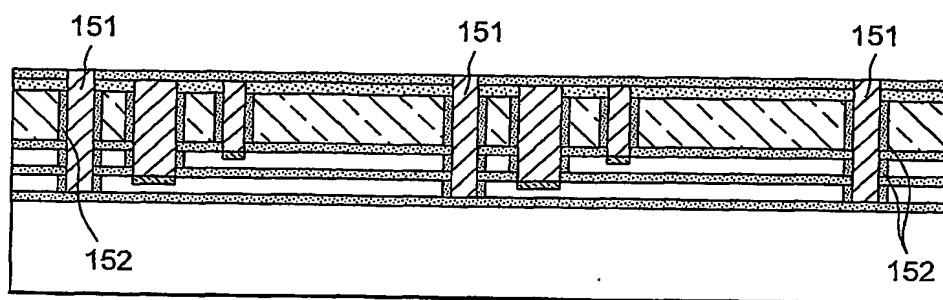


FIG. 7M

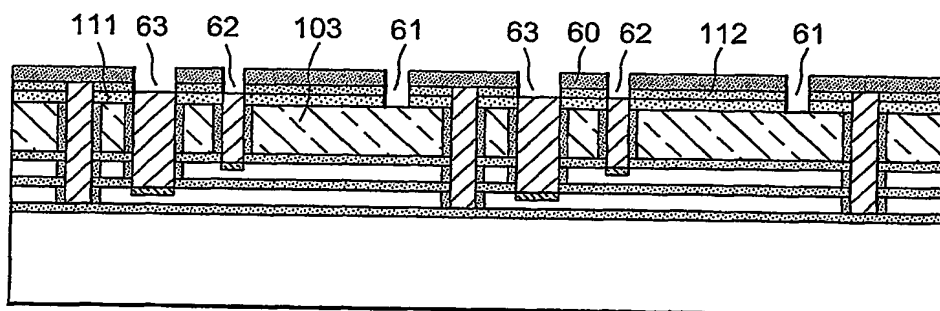


FIG. 7N

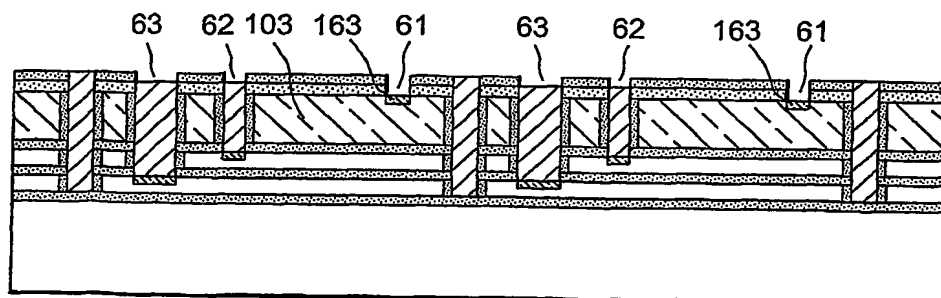


FIG. 7O

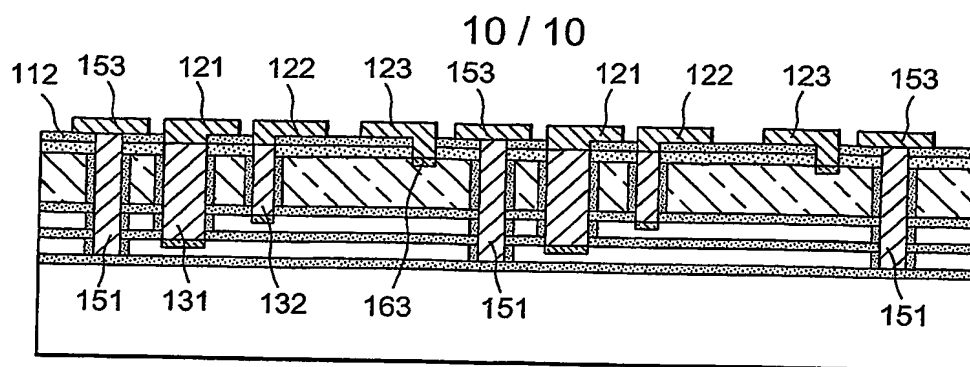


FIG. 7P

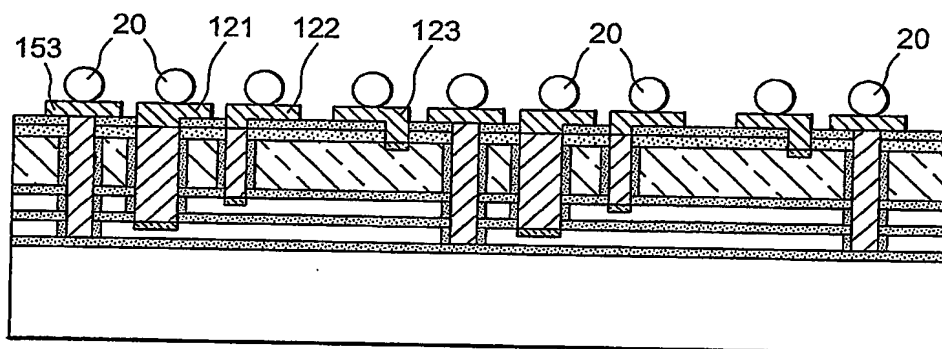


FIG. 7Q

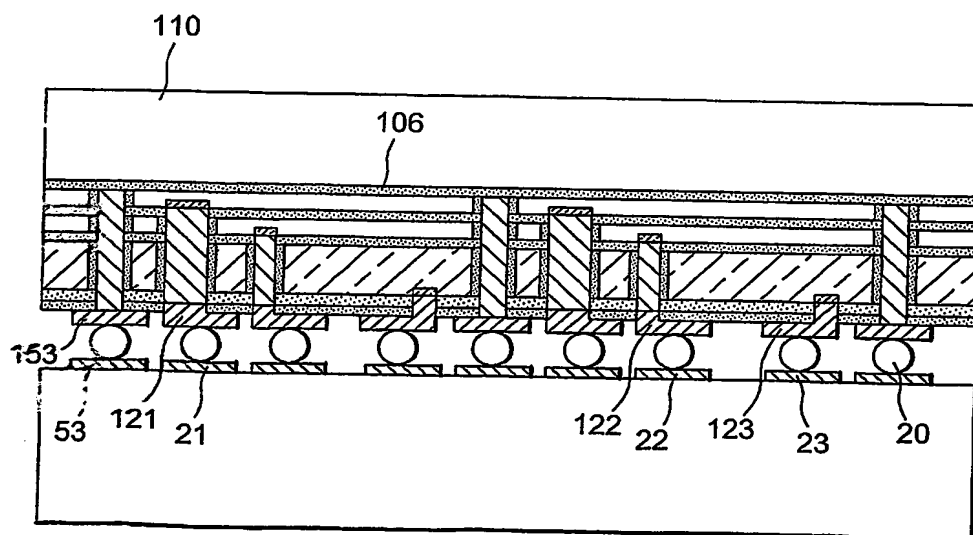


FIG. 7R

10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

FR 03/50186

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L27/146

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 206 470 A (WHITE WILLIAM J) 3 June 1980 (1980-06-03) column 2, line 63 - column 3, line 15 column 3, line 35 - column 6, line 22; figures 1A-1H,2	1-14
A	WO 99/39372 A (UNIX CORP) 5 August 1999 (1999-08-05) page 5, line 14 - line 3 page 11, line 12 - line 15 page 20, line 29 - page 22, line 4; figure 3	1-14
A	US 4 514 755 A (TATEI MASATOSHI) 30 April 1985 (1985-04-30) column 4, line 3 - line 29 column 6, line 13 - column 7, line 16; figures 2,3	1-14
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 May 2004

Date of mailing of the international search report

04/06/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Agne, M

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

FR 03/50186

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 552 603 A (STOKES BURNHAM) 3 September 1996 (1996-09-03) column 4, line 22 - column 6, line 7; figures 2A-2D,3,3A-3C -----	1-14
A	US 5 373 182 A (NORTON PAUL R) 13 December 1994 (1994-12-13) column 3, line 4 - column 6, line 8; figures 1G,2,3 -----	1-14

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 03/50186

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4206470	A	03-06-1980	US 4137625 A	06-02-1979
WO 9939372	A	05-08-1999	AU 2492399 A	16-08-1999
			CA 2319550 A1	05-08-1999
			CN 1296645 T	23-05-2001
			EP 1051752 A2	15-11-2000
			JP 2002502120 T	22-01-2002
			WO 9939372 A2	05-08-1999
			US 6300612 B1	09-10-2001
			US 2004056180 A1	25-03-2004
			US 2002003201 A1	10-01-2002
US 4514755	A	30-04-1985	US 4443813 A	17-04-1984
			JP 60089968 A	20-05-1985
US 5552603	A	03-09-1996	NONE	
US 5373182	A	13-12-1994	NONE	

BEST AVAILABLE COPY

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

de Internationale No
PCT/FR 03/50186

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01L27/146

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 206 470 A (WHITE WILLIAM J) 3 juin 1980 (1980-06-03) colonne 2, ligne 63 - colonne 3, ligne 15 colonne 3, ligne 35 - colonne 6, ligne 22; figures 1A-1H,2	1-14
A	WO 99/39372 A (UNIAx CORP) 5 août 1999 (1999-08-05) page 5, ligne 14 - ligne 3 page 11, ligne 12 - ligne 15 page 20, ligne 29 - page 22, ligne 4; figure 3	1-14
A	US 4 514 755 A (Tabei MASATOSHI) 30 avril 1985 (1985-04-30) colonne 4, ligne 3 - ligne 29 colonne 6, ligne 13 - colonne 7, ligne 16; figures 2,3	1-14
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

26 mai 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

04/06/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Agne, M

BEST AVAILABLE COPY

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Document de Internationale No
10/FR 03/50186

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 552 603 A (STOKES BURNHAM) 3 septembre 1996 (1996-09-03) colonne 4, ligne 22 - colonne 6, ligne 7; figures 2A-2D, 3, 3A-3C -----	1-14
A	US 5 373 182 A (NORTON PAUL R) 13 décembre 1994 (1994-12-13) colonne 3, ligne 4 - colonne 6, ligne 8; figures 1G, 2, 3 -----	1-14

BEST AVAILABLE COPY

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Requête Internationale No

/FR 03/50186

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4206470	A	03-06-1980	US 4137625 A	06-02-1979
WO 9939372	A	05-08-1999	AU 2492399 A	16-08-1999
			CA 2319550 A1	05-08-1999
			CN 1296645 T	23-05-2001
			EP 1051752 A2	15-11-2000
			JP 2002502120 T	22-01-2002
			WO 9939372 A2	05-08-1999
			US 6300612 B1	09-10-2001
			US 2004056180 A1	25-03-2004
			US 2002003201 A1	10-01-2002
US 4514755	A	30-04-1985	US 4443813 A	17-04-1984
			JP 60089968 A	20-05-1985
US 5552603	A	03-09-1996	AUCUN	
US 5373182	A	13-12-1994	AUCUN	

BEST AVAILABLE COPY